

WO 02/01631 A2



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Hochfrequenz-Bauelement

- 5 Die Erfindung betrifft ein Hochfrequenz-Bauelement, insbesondere zum Zusammenbau mittels Flip-Chip-Technik.

In: O. Zinke, H. Brunswig, "Hochfrequenztechnik 1", 5. Aufl. Springer, Seiten 157 bis 177 sind verschiedene Wellenleiter
10 bzw. Speisenetzwerke beschrieben wie die Mikrostreifenleitung ("Mikrostrip"), koplanare Leitungen und die offene Schlitzleitung ("Slotline").

Aus P. Petre et al., "Simulation and Performance of Passive
15 Microwave and Millimeter Wave Coplanar Waveguide Circuit Devices with Flip Chip Packaging", Electrical Performance of Electronic Packaging, IEEE, New York, NY, 1997, conference paper, San Jose, CA, 27-29 October 1997, Seiten 203 - 206, ist ein Koplanar-Wellenleiter ("Coplanar Wave Guide", CPW)
20 bekannt, welcher Mikrowellen oder Millimeterwellen in einen monolithischen Mikrowellen-Schaltkreis ("Monolithic Microwave Integrated Circuit", MMIC) einspeist. Der MMIC ist mit dem CPW mittels Flip-Chip-Technik verbunden worden.

25 In W. Heinrich et al., "Millimeterwave characteristics of Flip-Chip interconnects for multi-chip modules", 1998 IEEE MTT-S Digest, S.1083-1086, werden Schaltkreis-Einheiten ("Chips", "MMICs") in Flip-Chip-Bauweise beschrieben, welche mittels eines CPWs gespeist werden.

30 Die Flip-Chip-Technik zur Kontaktierung von Halbleiterchips wird beispielsweise in Hans-Jürgen Hacke: Montage Integrierter Schaltungen, Springer Verlag, 1987, Seiten 108 - 118 beschrieben.

35 Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einfach herstellbare und montierbare sowie hoch- und höchstfrequenztaug-

liche Hochfrequenz-Bauelemente, insbesondere Filter mit einer hohen Güte, geringen Verlusten und hoher Reproduzierbarkeit bereitzustellen.

- 5 Die Aufgabe wird durch ein Hochfrequenz-Bauelement nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind den jeweiligen Unteransprüchen entnehmbar.

10 Dazu wird Hochfrequenz-Bauelement verwendet, das einen Basisträger und mindestens ein Hochfrequenzelement mit mindestens einer Hochfrequenz-Struktur beinhaltet, wobei das Hochfrequenzelement mittels mindestens eines planaren Übergangs-Wellenleiters am Basisträger angeschlossen ist. Über den Wellenleiter können Wellen, insbesondere Mikrowellen
15 und Millimeterwellen, in das Hochfrequenzelement eingespeist werden oder aus dem Hochfrequenzelement auf den Basisträger übertragen werden.

20 Der Basisträger kann ein oder mehrere Hochfrequenzelemente aufweisen, die dann typischerweise über eine auf dem Basisträger vorhandene Netzwerkstruktur miteinander verbunden sind. Dabei ist es möglich, dass der Basisträger mehrschichtig aufgebaut ist, beispielsweise mittels mehrerer Funktionslagen in Nieder- und/oder Hochfrequenztechnik.

25 Als Hochfrequenzelemente kommen z. B. in Frage: Filter, Frequenzerzeuger, Verstärker, Antennen, Bias-Netzwerke, Richtkoppler, Absorberelemente oder Verteilernetzwerke. Die Hochfrequenz-Struktur ist typischerweise so ausgelegt, dass sie
30 ihre Funktion autonom, d. h. ohne signifikante Wechselwirkung mit dem Basiselement, auf dem Hochfrequenzelement ausführen kann.

35 Eine solche Anordnung besitzt den Vorteil, daß das Hochfrequenzelement separat herstellbar ist und dann erst mit dem Basissubstrat verbunden wird. So können z. B. spezielle Hochfrequenz-Funktion im Hochfrequenzelement realisiert sein,

während das Basiselement einfach ausgeführt werden kann, beispielsweise ohne Durchkontaktierung oder mit einem dicken und also mechanisch stabilen Substrat. Dies gilt insbesondere bei einer Verbindung in Flip-Chip-Technik unter Verwendung von
5 Koplanarstrukturen.

Insbesondere besteht ein Vorteil darin, daß bei beschichteten Einzelbausteinen die Substratdimensionen und Substrateigenschaften des Basiselements und des Hochfrequenzelements unabhängig voneinander gewählt werden können. So können Filter
10 „besser“ (geringere Verluste, höhere Güte etc.) auf dünnen Substraten niedrigerer Dielektrizitätszahl realisiert werden. Ein solches Filter wäre auf dem Substrat des Basiselementes, das meistens großflächig ist und viele andere komplexe Strukturen enthalten kann, nicht oder nur mit großen Kompromissen
15 realisierbar.

Das Hochfrequenz-Bauelement ist nicht auf einen bestimmten Frequenzbereich eingeschränkt, jedoch aufgrund geringer parasitärer Induktivitäten und Kapazitäten insbesondere in einem
20 Frequenzbereich > 2 GHz, besonders ab ca. 20 GHz (Höchstfrequenz), einsetzbar.

Es ist vorteilhaft, wenn der mindestens ein Übergangs-Wellenleiter an der Übergangsstelle von Basiselement und Hochfrequenzelement ein Koplanar-Wellenleiter („CPW“) ist, weil
25 dieser unter anderem einen geringen Leitungsverlust aufweist und eine einfache Struktur ohne Durchkontaktierung besitzt. Ein CPW besitzt mindestens einen Mittelleiter ("CPW-center conductor") und eine Masse ("Ground"), die typischerweise auf
30 einer Seite eines elektrisch isolierenden Substrats aufgebracht sind.

Grundsätzlich ist es auch möglich, daß der Wellenleiter im
35 Übergangsbereich ein Mikrostreifen-Wellenleiter ("Microstrip wave guide", „MWG“) ist, weil dieser eine geringe Einfüge-

dämpfung aufweist und zudem weit verbreitet ist. In diesem Fall ist im Übergangsbereich eine Durchkontaktierung nötig.

Es ist auch zur Realisierung von Hochfrequenzelementen mit
5 mindestens einer Eingangsseite und mindestens einer Ausgangs-
seite günstig, wenn das Hochfrequenzelement mittels eines er-
sten Übergangs-Wellenleiters (z. B. eingangsseitig) und eines
zweiten Übergangs-Wellenleiters am Basisträger (z. B. aus-
gangsseitig) angeschlossen ist. Es sind aber auch einseitig
10 an ein Hochfrequenz-Netzwerk angeschlossene Elemente denkbar,
z. B. Antennen oder Hochfrequenz-Erzeuger.

Es ist auch bevorzugt, insbesondere zum Aufbau eines Hochfre-
quenzfilters, wenn die Hochfrequenzstruktur mindestens einen
15 planaren Wellenleiter, insbesondere einen Mikrostreifen-Wel-
lenleiter, aufweist.

Es ist auch günstig, wenn der Mikrostreifen-Wellenleiter der
Hochfrequenzstruktur durchkontaktierungsfrei mit dem ein-
20 gangsseitig angebrachten ersten Übergangs-Wellenleiters und
dem ausgangsseitig angebrachten eines zweiten Übergangs-Wel-
lenleiters verbunden ist.

Falls die Übergangsstelle ein Wellenleiter mit CPW-Struktur
25 ist, ist es günstig, daß der nötige Übergang von Coplanar auf
Mikrostrip ohne Durchkontaktierung erfolgt. Die Verwendung
einer solchen Struktur ist Gegenstand der Erfindung. Solche
durchkontaktierungsfreie Übergänge sind z.B. in Gauthier,
G.P.; Katehi, L.P.; Rebeiz, G.M., "W-Band finite ground
30 coplanar waveguide (FGGPW) to microstrip line transition,"
IEEE-MTT Int. Microwave Symp. Digest, pp. 107-109, 1998 be-
schrieben. Die Rückseite muss in der Umgebung des Überganges
metallisiert sein. Ansonsten wird bei längeren CPW-Leitungen
($l > \lambda$) die Rückseitenmetallisierung entfernt (Gefahr der Aus-
35 breitung unerwünschter Moden).

Es ist günstig, insbesondere zur Anwendung der Flip-Chip-Technik, wenn das Hochfrequenz-Bauelement ein Substrat umfasst, auf dem die Hochfrequenzstruktur durchgehend planar aufgebracht ist.

5

Insbesondere zur Anwendung des Flip-Chip-Verfahrens ("Flip-Chip-Bondens"), aber auch bei einer Hochtemperaturanwendung ist es günstig, wenn das Substrat eine Temperatur $T = 300\text{ }^{\circ}\text{C}$, die typischerweise beim Thermokompressions-Bonden auftritt, 10 schädigungsfrei widersteht. Beide Vorteile werden erlangt, wenn das Substrat aus Al_2O_3 , Si_3N_4 , SiC , SiO_2 , Teflon oder Duroid gefertigt wird. Dabei wird eine Verwendung von Al_2O_3 oder Glas besonders bevorzugt. Glas ist etwas weniger 15 verlustarm als Al_2O_3 , aber einfacher herzustellen bzw. zu formen als eine Keramik. Die gleichen Vorteile gelten auch für ein Substrat des Basiselements.

Auch ist es vorteilhaft, wenn die Hochfrequenz-Struktur auf dem Hochfrequenzelement und ggf. auf dem Basisträger aus einem gut leitenden Material besteht. Dabei wird die Verwendung 20 eines Edelmetalls aufgrund der guten Korrosionsbeständigkeit besonders bevorzugt. Dem Fachmann geläufig sind z. B. Au, Ag, Cu, Pt oder eine diese Metalle enthaltende Legierung, z. B. AgAu oder PtRd.

25

Es ist weiterhin günstig, wenn das Hochfrequenz-Bauelement am Basisträger mittels einer Flip-Chip-Technik, insbesondere einer Finepitch-Flip-Chip-Technik, befestigt ist, insbesondere im Wellenleiter-Übergangsbereich. Dadurch wird eine einfache 30 Herstellung der Einzelteile, eine preisgünstige Montage und eine höchstfrequenztaugliche Verbindung ermöglicht. Das Flip-Chip-Element ist zudem einfach und getrennt vom Basisträger im Nutzen herstellbar.

35 Beim Flip-Chip-Bonden werden zwei Bauteile über Kontakte („Bumps“) gebondet. Die Bumps können z. B. sogenannte stud bumps sein (Gold-Bälle), dann erfolgt der Aufbau mit Thermo-

kompressionsverfahren, oder aber mit Lötverfahren; hierzu sind Lötbumps (Gold-Zinn, Blei-Zinn etc.) aufgebracht.

5 Es ist zur einfachen Herstellung günstig, wenn das Hochfrequenz-Bauelement am Basisträger mittels eines Thermokompressionsverfahrens oder, insbesondere für einen hohen Durchsatz, eines Lötverfahrens befestigt worden ist.

10 Es wird bevorzugt, wenn das Hochfrequenzelement und der Basisträger mittels eines Abstandshalters in Form mindestens eines Stützbumps voneinander getrennt ist, wodurch sich eine sichere und präzise Verbindung herstellen läßt.

15 Zur einfachen insbesondere Herstellung, insbesondere mittels der Flip-Chip-Technik, ist es vorteilhaft, wenn das Hochfrequenz-Flip-Chip-Element mittels mindestens eines Abstandshalters in Form mehrerer Stütz-Bumps am Wellenleiter fixiert ist.

20 Zudem wird das Element im Falle einer elektrischen Verbindung zwischen Basiselement und Hochfrequenzelement, speziell zwischen Wellenleiter und Resonator, bevorzugt mittels eines HF-Bumps mit der Wellenzuführung, z. B. dem Mittelleiter des CPW oder dem Streifen des Mikrostreifen-Wellenleiters, des
25 Wellenleiters verbunden. Es ist aber grundsätzlich auch eine Feldkopplung (Aperturkopplung) möglich

Die Höhe db der Bumps entspricht in etwa der Höhe des Spaltes. Dabei wird es besonders bevorzugt, wenn die Höhe der
30 Bumps zwischen 10 µm und 100 µm beträgt ("Microbumps"). Die Höhe kann aber auch problemlos bis zu 1000 µm betragen.

Zwischen den FC-Element und dem Basisträger besteht nach dem Aufbau ein Luftspalt. Der Spalt kann aber auch nach der Anwendung der Flip-Chip-Technik mit einer aushärtenden Substanz, typischerweise einer Flüssigkeit, möglichst niedriger
35 Permittivität und mit einem möglichst geringen Verlust bei

hohen Frequenzen gefüllt werden, z. B. mit einem Harz oder einem Schaum. Daraus ergibt sich der Vorteil, daß das FC-element besser fixiert wird und gegen Verunreinigungen geschützt ist. Günstigerweise ist die Flüssigkeit während des
5 Ausfüllens des Spalts so dünnflüssig, daß der Spalt gleichmäßig ausfüllbar ist.

In den folgenden Ausführungsbeispielen wird die Antenne schematisch näher ausgeführt.

10

Figur 1 zeigt ein Hochfrequenzelement,

Figur 2 zeigt einen Basisträger

Figur 3 zeigt den mit dem Hochfrequenzelement bestückten Basisträger,

15 Figur 4 zeigt ein verallgemeinertes Hochfrequenzelement.

Figur 1 zeigt in Schrägansicht ein Hochfrequenzelement H in Form eines Flip-Chip-Filters vor der Montage mittels Flip-Chip-Technik.

20

Auf dem Substrat SUBH aus Al_2O_3 sind auf der Vorderseite metallische Schichtstrukturen (gestrichelt gezeichnet) aufgebracht. Die gegenüberliegende Rückseite ist metallisiert.

25 Ein koplanarer Wellenleiter CPW1 zur Ankopplung an einen Basisträger B besteht aus dem Substrat SUBH und einem darauf beschichteten Mittelleiter ST in Form einer metallischen Zunge. Davon elektrisch isoliert ist die Masse GR in Form einer metallischen Schicht auf dem Substrat SUBH aufgebracht.

30

Auf weiteren als Kontaktpads P dienenden metallisierten Flächen sind als Abstandshalter Stütz-Bumps SB aufgebracht. Auf dem Wellenleiter CPW1 sind elektrisch leitende HF- (Hochfrequenz-)Bumps HFB befestigt.

35

Analog ist ein zweiter CPW-Übergangs-Wellenleiter CPW1 vorhanden.

Zwischen den CPW-Übergangs-Wellenleitern CPW1,CPW2 ist als Filter ein Mikrostrip-Wellenleiter MWG aufgebracht.

- 5 Figur 2 zeigt als Aufsicht einen Basisträger H das Gegenstück zum Hochfrequenzelement aus Figur 1
Der Basisträger B weist ebenfalls ein Substrat SUBB auf, auf dem metallische Strukturen in Form elektrischer Kontakte C in Schichttechnik aufgebracht sind. Durch die elektrischen Kon-
10 takte C sind elektrische Signale, typischerweise Höchstspannungssignale, einspeisbar bzw. abgreifbar.

Das Substrat SUBB des Basisträgers B weist typischerweise eine Dicke zwischen 50µm und 1000 µm auf. Materialien sind
15 z.B. Al₂O₃, aber auch z.B. Si₃N₄, SiAlON, SiC, Si₃N₄, Teflon oder Duroid. Das Substrat SUBH des Hochfrequenzelementes H kann damit übereinstimmen oder auch je nach Anwendungsfall bezüglich z. B. Material und Dicke abweichen.

- 20 Auf dem Substrat SUBB sind ebenfalls Kontaktpads P mit Stützbumps SB sowie, auf den elektrischen Kontakten C, Hochfrequenzbumps HFB vorhanden. Die Bumps SB,HFB des Basisträgers B sind komplementär zu denjenigen des Hochfrequenzelementes H.

25 Zur Montage wird das Hochfrequenzelement H so mit den Übergangs-Wellenleitern CPW1,CPW2 und Stützbumps SB aufeinander geklappt und aufeinander gepreßt werden (angedeutet durch den Pfeil).

30 Dies geschieht z. B. mittels Thermokompressions-Bondens bei einer Temperatur T zwischen 250 °C und ca. 300 °C. Wegen seiner hohen Temperaturbeständigkeit sind dazu Substrate SUBB,SUBH aus Al₂O₃ gut geeignet.

35 Durch das Aufpressen entsteht eine feste Verbindung des Hochfrequenzelementes H mit dem Basisträger B. Der Preßvorgang

wird so gesteuert, daß das Hochfrequenzelement H einen konstanten Abstand δb vom Basisträger B aufweist. Gleichzeitig wird bei Verpressen auch der Mittelleiter ST mit dem Basisträger B mittels des HF-Bumps verbunden.

5

Figur 3 zeigt als Schnittdarstellung ein Hochfrequenz-Bauelement nach der Montage.

Das Hochfrequenzelement H wird in einem Abstand δb durch die Stützbumps SB vom Basisträger B gehalten.

10

Im Betrieb kann ein Höchsthochfrequenzsignal über die elektrischen Kontakte C des Basisträgers B zum ersten koplanaren Übergangs-Wellenleiters CPW1 gelangen, der das Signal in das Hochfrequenzelement H einkoppelt. Mittels des Mikrostreifen-Wellenleiters MWG wird das Signal gefiltert und dann über den zweiten koplanaren Übergangs-Wellenleiter CPW2 wieder aus dem Hochfrequenzelement H in das Basiselement B ausgekoppelt.

15

Es kann sein, insbesondere wenn das Hochfrequenzelement H aus einem Material mit niedriger Dielektrizitätszahl hergestellt ist, daß das elektromagnetische Feld soweit austritt, daß das Material des Basisträgers B unterhalb des Hochfrequenzelements H die Eigenschaften der Hochfrequenz-Struktur S nachteilig verändert. Zur Vermeidung dieses Effekts kann im Basisträger B eine nicht metallisierte Fläche vorhanden sein bzw. sogar ein Loch im Basissubstrat SUBB.

20

25

Figur 4 zeigt als Schrägansicht ein Hochfrequenzelement H, bei dem ein allgemeiner Übergang zwischen CPW-Strukturen als Übergangswellenleiter CPW1, CPW2 und MWG-Strukturen vorhanden ist.

30

Eine solche Realisierung läßt sich außer auf Hochfrequenz-Filter auch auf weitere Hochfrequenzelemente H übertragen, die in Mikrostrip-Technik besser oder einfacher zu realisieren sind als in Koplanartechnik. Eine Schwierigkeit liegt

35

insbesondere darin, daß geeignete Simulations- und Design-
werkzeuge für bestimmte Koplanarstrukturen bei höchsten
Frequenzen nicht vorhanden sind bzw. unzureichende Ergebnisse
liefern. Als weitere Elemente sind z.B. Bias-Netzwerke,
5 Richtkoppler (90° Hybride, Ratrace etc.), Absorberelemente,
Verteilernetzwerke und Antenne denkbar.

Patentansprüche

1. Hochfrequenz-Bauelement, aufweisend
 - einen Basisträger (B)
 - 5 - mindestens ein Hochfrequenzelement (H), das jeweils mindestens eine Hochfrequenz-Struktur (S) beinhaltet, wobei
- die Hochfrequenz-Struktur (S) mittels mindestens eines planaren Übergangs-Wellenleiters (CPW1, CPW2) mit dem
- 10 Basisträger (B) gekoppelt sind.
2. Hochfrequenz-Bauelement nach Anspruch 1, bei dem mindestens ein Übergangs-Wellenleiter (CPW1, CPW2) ein Ko-planar-Wellenleiter ist.
- 15 3. Hochfrequenz-Bauelement nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem mindestens ein Übergangs-Wellenleiter (CPW1, CPW2) ein Mikrostreifen-Wellenleiter ist.
- 20 4. Hochfrequenz-Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Hochfrequenzelement (H) mittels eines ersten Übergangs-Wellenleiters (CPW1) und eines zweiten Übergangs-Wellenleiters (CPW2) am Basisträger (B) angeschlossen ist.
- 25 5. Hochfrequenz-Bauelement nach Anspruch 4, bei dem die Hochfrequenzstruktur (S) mindestens einen planaren Wellenleiter, insbesondere einen Mikrostreifen-Wellenleiter (MWG), aufweist.
- 30 6. Hochfrequenz-Bauelement nach Anspruch 5, bei dem das Hochfrequenz-Element (H) ein Filter ist, das eine Hochfrequenzstruktur (S) in Form eines Mikrostreifen-Wellenleiter (MWG) zur Frequenzfilterung aufweist.

7. Hochfrequenz-Bauelement nach Anspruch 6, bei dem der Mikrostreifen-Wellenleiter (MWG) der Hochfrequenzstruktur (S) durchkontaktierungsfrei mit dem eingangsseitig angebrachten ersten Übergangs-Wellenleiters (CPW1) und dem ausgangs-
- 5 seitig angebrachten eines zweiten Übergangs-Wellenleiters (CPW2) verbunden ist.
8. Hochfrequenz-Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem
- 10 das Hochfrequenz-Bauelement (H) ein Substrat (SUBH) umfasst, auf dem die Hochfrequenzstruktur (S) durchgehend planar aufgebracht ist.
9. Hochfrequenz-Bauelement nach Anspruch 8, bei dem
- 15 das Substrat (SUBH) des Hochfrequenz-Bauelementes (H) Si_3N_4 , SiC, SiAlON, Al_2O_3 , SiO_2 , Glas, Teflon, Duroid oder eine Kombination daraus enthält.
10. Hochfrequenz-Bauelement nach einem der Ansprüche 8 oder
- 20 9, bei dem die Hochfrequenz-Struktur (S) die Metalle Au, Ag, Cu, Pt oder eine diese Metalle enthaltende Legierung, insbesondere AgAu oder PtRd enthält.
- 25 11. Hochfrequenz-Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Hochfrequenz-Bauelement (H) am Basisträger (B) mittels einer Flip-Chip-Technik, insbesondere einer Finepitch-Flip-Chip-Technik, befestigt ist.
- 30 12. Hochfrequenz-Bauelement nach Anspruch 11, bei dem das Hochfrequenz-Bauelement (H) am Basisträger (B) mittels eines Thermokompressionsverfahrens oder eines Lötverfahrens befestigt worden ist.
- 35 13. Hochfrequenz-Bauelement nach einem der Ansprüche 11 oder 12, bei dem das Hochfrequenzelement (H) und der Basisträger

13

(B) mittels eines Abstandshalters in Form mindestens eines Stützbumps (SB) voneinander getrennt ist.

14. Hochfrequenz-Bauelement nach Anspruch 13, bei dem
5 die Höhe des mindestens einen Stützbumps (SB) zwischen 10 μm und 100 μm beträgt.

15. Hochfrequenz-Bauelement nach einem der Ansprüche 11 bis 14, bei dem
10 an mindestens einem Übergangs-Wellenleiter (CPW1, CPW2) eine elektrische Verbindung zwischen Basiselement (B) und Hochfrequenzelement (H) in Form eines Hochfrequenz-Bumps (HFB) vorhanden ist.

15 16. Hochfrequenz-Bauelement nach einem der Ansprüche 11 bis 15, bei dem
ein Spalt zwischen dem Hochfrequenzelement (H) und dem Basisträger (B) mit einer aushärtenden Substanz, insbesondere einem Harz oder einem Schaum, gefüllt ist.

FIG 1

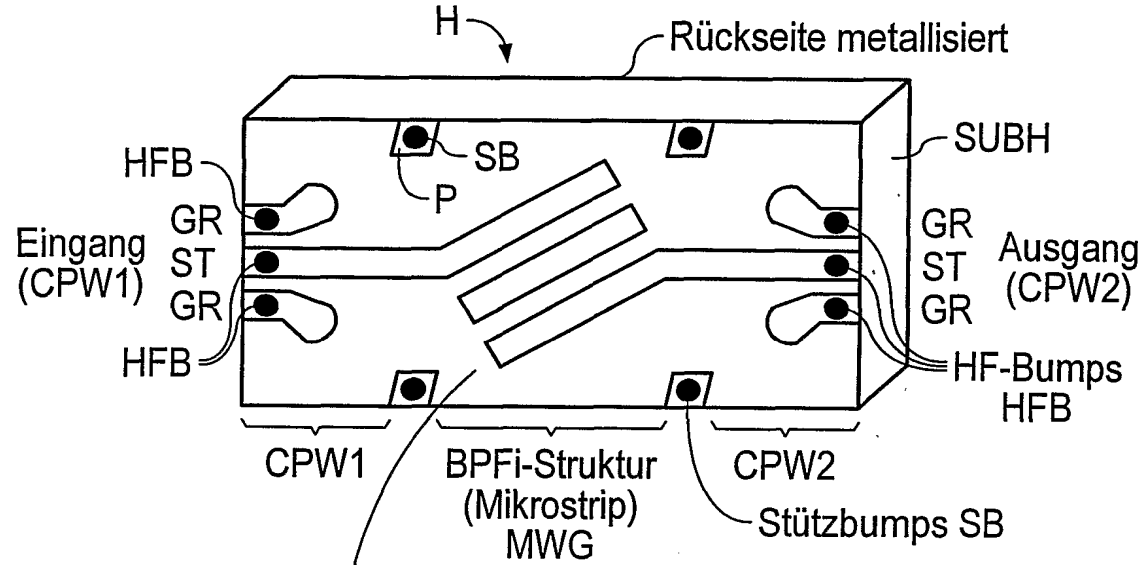
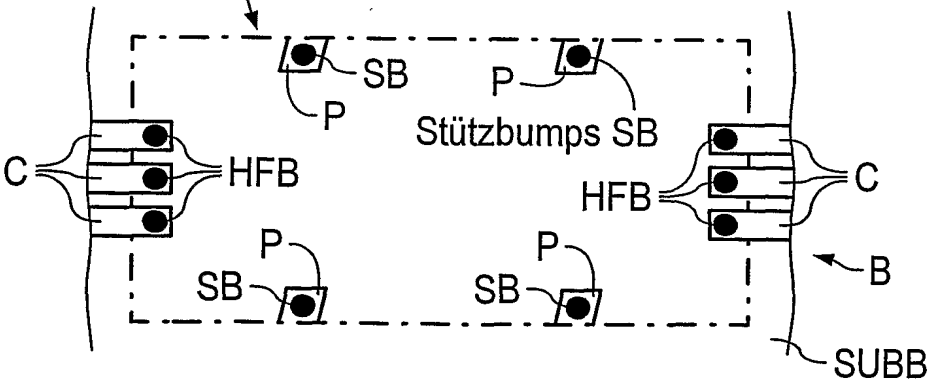


FIG 2



2/2

FIG 3

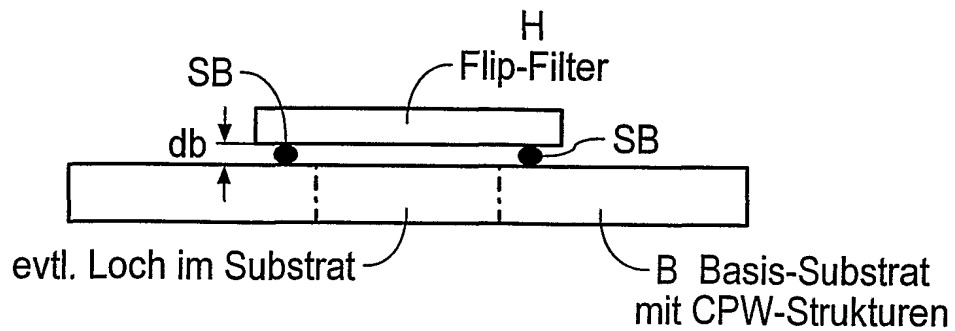
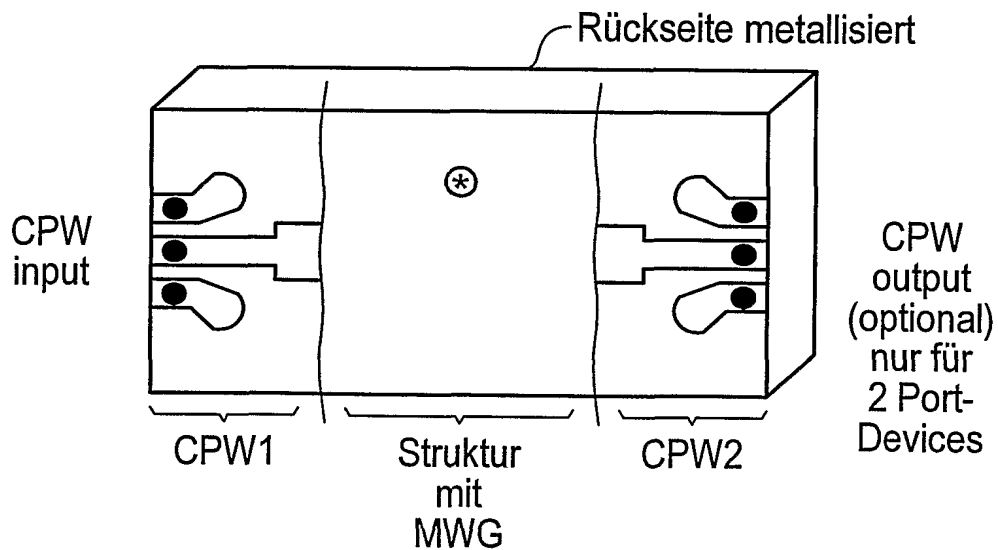


FIG 4



- ⊗ beliebige Mikrostrip-Struktur:
 Filter z.B. Bandpaß
 Bias-Netzwerk
 Koppler (90-Hybrid, Ratrace)
 Absorber
 Verteilernetzwerk (z.B. Power Splitter)
 Antenne